

549, 784

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. September 2004 (30.09.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/084310 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 29/24**,
29/78, 29/808, 29/812, 29/732, 29/10, 21/04

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/000906

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. März 2003 (19.03.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SICED ELECTRONICS DEVELOPMENT
GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Paul-Gossen-Strasse 100,
91052 Erlangen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ELPELT, Rudolf**

[DE/DE]; Eskilstunastrasse 32, 91054 Erlangen (DE).
MITLEHNER, Heinz [DE/DE]; Danziger Strasse 1
A, 91080 Uttenreuth (DE). **SCHÖRNER, Reinhold**
[DE/DE]; Wiesenstrasse 27, 91091 Grossenseebach (DE).

(74) Anwalt: **BERG, Peter**; Siemens AG, Postfach 22 16 34,
80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

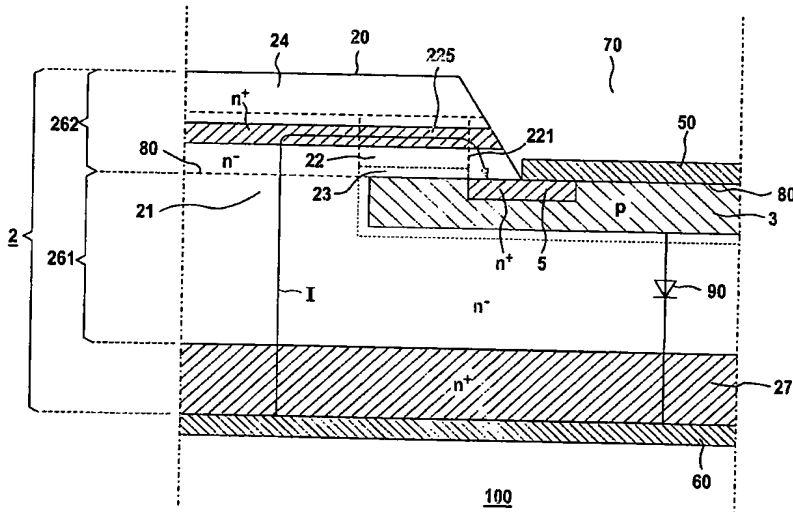
Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die fol-
genden Bestimmungsstaaten JP, europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SEMICONDUCTOR STRUCTURE COMPRISING A HIGHLY DOPED CONDUCTIVE CHANNEL REGION AND
METHOD FOR PRODUCING A SEMICONDUCTOR STRUCTURE

(54) Bezeichnung: HALBLEITERAUFBAU MIT HOCH DOTIERTEM KANALLEITUNGSGEBIET UND VERFAHREN ZUR
HERSTELLUNG EINES HALBLEITERAUFBAUS



(57) Abstract: The invention relates to a semiconductor structure for controlling a current (I), comprising a first n-conductive semiconductor region (2), a current path that runs within the first semiconductor region (2) and a channel region (22). The channel region (22) forms part of the first semiconductor region (2) and comprises a base doping. The current (I) in the channel region (22) can be influenced by means of at least one depletion zone (23, 24). The channel region (22) contains an n-conductive channel region (225) for conducting the current, said latter region having a higher level of doping than the base doping. The conductive channel region (225) is produced by ionic implantation in an epitaxial layer (262) that surrounds the channel region (22).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/084310 A1



— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Der Halbleiteraufbau zur Steuerung eines Stroms (I) umfasst ein erstes n-leitendes Halbleitergebiet (2), einen innerhalb des ersten Halbleitergebiets (2) verlaufenden Strompfad und ein Kanalgebiet (22). Das Kanalgebiet (22) ist Teil des ersten Halbleitergebiets (2) und hat eine Grunddotierung. Innerhalb des Kanalgebiets (22) ist der Strom (I) mittels wenigstens einer Verarmungszone (23, 24) beeinflussbar. Das Kanalgebiet (22) enthält ein zur Stromführung bestimmtes n-leitendes Kanalleitungsgebiet (225), das eine verglichen mit der Grunddotierung höhere Dotierung hat. Das Kanalleitungsgebiet (225) wird mittels Ionenimplantation in eine das Kanalgebiet (22) umfassende Epitaxieschicht (262) hergestellt.

Beschreibung

Halbleiteraufbau mit hoch dotiertem Kanalleitungsgebiet und
Verfahren zur Herstellung eines Halbleiteraufbaus

5

Die Erfindung betrifft einen Halbleiteraufbau zur Steuerung
eines Stroms, wobei der Halbleiteraufbau mindestens ein ers-
tes Halbleitergebiet eines ersten Leitungstyps (n oder p),
einen zumindest teilweise innerhalb des ersten Halbleiter-
10 gebiets verlaufenden Strompfad und ein Kanalgebiet, das Teil
des ersten Halbleitergebiets ist, das eine Grunddotierung
aufweist, und innerhalb dessen der Strom mittels wenigstens
einer Verarmungszone beeinflussbar ist, umfasst. Ein solcher
Halbleiteraufbau ist beispielsweise aus der US 6,034,385 be-
15 kannt. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Her-
stellung eines Halbleiteraufbaus.

Zum Versorgen eines elektrischen Verbrauchers mit einem
elektrischen Nennstrom wird der Verbraucher üblicherweise
20 über ein Schaltgerät an ein elektrisches Versorgungsnetz ge-
schaltet. Beim Einschaltvorgang und auch im Falle eines Kurz-
schlusses tritt ein Überstrom auf, der deutlich über dem
Nennstrom liegt. Zum Schutz des elektrischen Verbrauchers
muss das zwischen den Verbraucher und das elektrische Netz
25 geschaltete Schaltgerät diesen Überstrom begrenzen und auch
abschalten können. Weiterhin gibt es beispielsweise in der
Umrichtertechnik Anwendungen, bei denen der Verbraucher im
Falle einer in Sperrrichtung anliegenden Spannung auch sicher
vom Versorgungsnetz getrennt werden soll. Für die beschriebe-
30 nen Funktionen sind strombegrenzende Schalter in Form eines
Halbleiteraufbaus bekannt.

So wird in der US 6,034,385 und auch in der WO 00/16403 A1
ein Halbleiteraufbau beschrieben, bei dem ein Stromfluss zwi-
35 schen einer ersten und einer zweiten Elektrode gesteuert
wird. Insbesondere kann der Strom ein- und ausgeschaltet oder
auf einen maximalen Wert begrenzt werden. Der aktive Teil des

Halbleiteraufbaus besteht aus einem ersten Halbleitergebiet eines vorgegebenen Leitungstyps, insbesondere des n-Leitungstyps. Der Leitungstyp wird bestimmt durch den Typ der Ladungsträger, mit denen das Halbleitergebiet dotiert ist. Zur Stromsteuerung ist innerhalb des ersten Halbleitergebiets mindestens ein laterales Kanalgebiet vorgesehen. Unter lateral oder auch horizontal wird hierbei eine Richtung parallel zu einer Hauptoberfläche des ersten Halbleitergebiets verstanden. Vertikal wird dagegen eine senkrecht zur Hauptoberfläche verlaufende Richtung bezeichnet. Das laterale Kanalgebiet wird durch mindestens einen p-n-Übergang, insbesondere durch die Verarmungszone (Zone mit Verarmung an Ladungsträgern und damit hohem elektrischen Widerstand; Raumladungszone) dieses p-n-Übergangs, in vertikaler Richtung begrenzt. Die vertikale Ausdehnung dieser Verarmungszone kann unter anderem durch eine Steuerspannung eingestellt werden. Der p-n-Übergang ist zwischen dem ersten Halbleitergebiet und einem vergrabenen p-leitenden Inselgebiet gebildet. Das vergrabene Inselgebiet übernimmt die Abschirmung der ersten Elektrode gegenüber dem hohen elektrischen Feld in Sperrrichtung oder im ausgeschalteten Zustand. Bei speziellen Ausführungsformen kann das Kanalgebiet auch durch eine weitere Verarmungszone in vertikaler Richtung begrenzt werden. Diese weitere Verarmungszone wird beispielsweise durch einen weiteren p-n-Übergang zwischen einem zweiten p-leitenden Halbleitergebiet und dem ersten n-leitenden Halbleitergebiet hervorgerufen. Auch das zweite p-leitende Halbleitergebiet kann mittels einer Steuerelektrode an eine Steuerspannung angeschlossen sein. Das für die Stromsteuerung maßgebliche Kanalgebiet ist innerhalb einer Epitaxieschicht angeordnet. Bei der Herstellung dieser Epitaxieschicht kann es zu Schwankungen in der Dicke und der Dotierstoffkonzentration kommen. Dies wirkt sich unmittelbar auf die Strom steuernden Eigenschaften des Kanalgebiets aus. Es ist daher möglich, dass der Halbleiteraufbau am Ende des Herstellungsprozesses aufgrund der Toleranzen der Epitaxieschicht nicht das geforderte Stromsteuerungsverhal-

ten, beispielsweise eine bestimmte Abschnürspannung, aufweist. Dadurch sinkt die erzielbare Ausbeute.

5 Ein ähnlicher Halbleiteraufbau wird in der *DE 196 29 088 A1* beschrieben. Folglich kann es auch bei diesem Halbleiteraufbau zu einer ähnlich niedrigen technologiebedingten Ausbeute bei der Herstellung kommen.

10 Mit der *US 6,232,625* wird eine passive Ausführungsform des vorstehend beschriebenen Halbleiteraufbaus nach der *US 6,034,385* offenbart. Das zweite p-leitende Halbleitergebiet ist auch an die erste Elektrode angeschlossen. Dann resultiert ein Aufbau ohne aktive Stromsteuerung, d.h. der Stromfluss durch den Halbleiteraufbau lässt sich nicht durch eine
15 externe Steuerspannung beeinflussen. Der offenbarte Halbleiteraufbau ist vielmehr ein passiver Strombegrenzer.

20 Weiterhin wird mit der *US 5,543,637* ein Halbleiteraufbau offenbart, der ein erstes Halbleitergebiet eines ersten Leitungstyps mit einem vergrabenen Inselgebiet eines zum ersten entgegengesetzten Leitungstyps sowie zwei Elektroden und einer Steuerelektrode umfasst. Die durch die Steuerelektrode und das vergrabene Inselgebiet hervorgerufenen jeweiligen Verarmungszonen bilden wieder ein Kanalgebiet, in dem ein
25 zwischen den beiden Elektroden fließender Strom gesteuert wird. Die Steuerelektrode ist entweder als Schottky-Kontakt oder als MOS-Kontakt ausgeführt. Als Halbleitermaterial wird 3C-, 6H oder 4H-Siliziumcarbid (SiC) verwendet. Auch hier ist das Kanalgebiet in einer Epitaxieschicht angeordnet, deren
30 Dicke und Dotierstoffkonzentration Schwankungen unterworfen sind.

Weiterhin ist aus der *DE 198 33 214 C1* ein insbesondere in SiC realisierter Halbleiteraufbau bekannt, bei dem zur Stromsteuerung ein von zwei p-leitenden Halbleitergebieten begrenztes n-leitendes laterales Kanalgebiet vorgesehen ist.
35 Wiederum befindet sich das Kanalgebiet in einer Epitaxie-

schicht, so dass auch hier aus den vorstehend genannten Gründen eine reduzierte Ausbeute bei der Herstellung möglich ist.

5 In der US 6,150,671 und der US 5,923,051 werden Halbleiteraufbauten jeweils in Form eines SiC-MOSFET's beschrieben. Kanalgebiete befinden sich dabei erneut in einer p-leitenden bzw. in einer n-leitenden epitaktisch aufgewachsenen Schicht.

10 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zu Grunde, einen Halbleiteraufbau der eingangs bezeichneten Art anzugeben, der bei der Herstellung unempfindlich gegenüber technologiebedingten Schwankungen ist und eine hohe Ausbeute ermöglicht. Außerdem soll ein Herstellungsverfahren für einen solchen Halbleiteraufbau angegeben werden.

15 Zur Lösung der den Halbleiteraufbau betreffenden Aufgabe wird ein Halbleiteraufbau entsprechend den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 angegeben.

20 Bei dem erfindungsgemäßen Halbleiteraufbau zur Steuerung eines Stroms handelt es sich um einen Halbleiteraufbau der eingangs bezeichneten Art, der dadurch gekennzeichnet ist, dass das Kanalgebiet ein zur Stromführung bestimmtes Kanalleitungsgebiet, das den ersten Leitungstyp und eine vergli-
25 chen mit der Grunddotierung höhere Dotierung aufweist, umfasst.

Die Erfindung beruht dabei auf der Erkenntnis, dass durch eine zusätzlich in dem Kanalgebiet vorgesehene Zone mit einer
30 verglichen mit dem restlichen Kanalgebiet höheren Dotierstoffkonzentration die Empfindlichkeit des Halbleiteraufbaus gegenüber technologiebedingten Schwankungen bei der Herstellung erheblich reduziert, wenn nicht sogar vollständig beseitigt werden kann. Die zusätzlich vorgesehene Zone, die hier
35 als Kanalleitungsgebiet bezeichnet wird, ist mit Dotierstoffen vom gleichen Ladungsträgertyp (n oder p) wie auch das Kanalgebiet dotiert. Sie bestimmt im Wesentlichen die elektri-

schen Eigenschaften des Kanalgebiets. So wird der Strom im Durchlassbetrieb aufgrund der höheren Dotierung und der damit einhergehenden höheren Leitfähigkeit bevorzugt in dem Kanalleitungsgebiet geführt. Das restliche Kanalgebiet bleibt dagegen weitgehend stromfrei, so dass hier etwa vorhandene Schwankungen der Grunddotierung oder der Dicke dann keine oder nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. Das Kanalleitungsgebiet kann beispielsweise mittels einer Ionenimplantation mit sehr hoher Genauigkeit und geringen Schwankungen in der Dotierstoffkonzentration sowie der Dicke hergestellt werden. Durch diese so gewonnene neue Unabhängigkeit gegenüber den technologiebedingten Schwankungen ergibt sich eine erhöhte Ausbeute beim Herstellungsprozess des Halbleiteraufbaus.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des Halbleiteraufbaus gemäß der Erfindung ergeben sich aus den vom Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen.

Bei einer günstigen Ausführungsform enthält das Kanalleitungsgebiet mindestens 80 % der insgesamt in dem Kanalgebiet vorhandenen Gesamtladung des ersten Leitungstyps. Damit sind höchstens nur noch die restlichen 20 % der Gesamtladung, die sich außerhalb des Kanalleitungsgebiets im Kanalgebiet befinden, den technologiebedingten Schwankungen unterworfen. Dieser positive Effekt lässt sich weiter steigern, indem sogar mindestens 90 % der innerhalb des Kanalgebiets vorhandenen Gesamtladung des ersten Leitungstyps im Kanalleitungsgebiet vorgesehen sind.

Günstig ist ein sogenannter vertikaler Halbleiteraufbau, bei dem der Strom im Wesentlichen in vertikaler Richtung durch den Halbleiteraufbau geführt wird. Diese Ausführungsform ist in der Lage, im Sperrfall eine besonders hohe Sperrspannung zu tragen. Grundsätzlich ist jedoch auch ein lateraler Halbleiteraufbau mit im Wesentlichen in lateraler Richtung durch den Halbleiteraufbau verlaufenden Stromfluss möglich.

Die Stromsteuerung erfolgt mittels eines vorzugsweise lateralen Kanalgebiets. In dieser Ausführungsform kann sowohl der zu führende Strom sicher an- und abgeschaltet werden, als
5 auch eine hohe Sperrspannung vom Halbleiteraufbau aufgenommen werden.

Bei einer weiteren bevorzugten Variante liegt der Halbleiteraufbau in Form eines Feldeffekttransistors, insbesondere
10 in Form eines Sperrschicht-Feldeffekttransistors (JFET), vor. Diese Transistorart eignet sich besonders gut für die im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung gewünschte Stromsteuerung.

15 In einer vorteilhaften Ausgestaltung besteht der Halbleiteraufbau teilweise oder auch komplett aus einem Halbleitermaterial, das einen Bandabstand von wenigstens 2 eV aufweist. Geeignete Halbleitermaterialien sind beispielsweise Diamant, Galliumnitrit (GaN), Indiumphosphit (InP) oder vorzugsweise
20 Siliciumcarbid (SiC). Auf Grund der extrem niedrigen intrinsische Ladungsträgerkonzentration (= Ladungsträgerkonzentration ohne Dotierung) und des sehr geringen Durchlassverlusts sind die genannten Halbleitermaterialien, insbesondere SiC, sehr vorteilhaft. Die genannten Halbleitermaterialien weisen
25 außerdem im Vergleich zu dem „Universalhalbleiter“ Silicium eine deutlich höhere Durchbruchfestigkeit auf, so dass der Halbleiteraufbau bei einer höheren Spannung eingesetzt werden kann. Das bevorzugte Halbleitermaterial ist Siliciumcarbid, insbesondere einkristallines Siliciumcarbid vom 3C- oder 4H-
30 oder 6H- oder 15R-Polytyp.

Weiterhin ist eine Variante möglich, bei der der Halbleiteraufbau ein innerhalb des ersten Halbleitergebiets zumindest teilweise vergrabenes Inselgebiet umfasst. Dieses Inselgebiet
35 hat einen zweiten gegenüber dem ersten Leitungstyp (n oder p) entgegengesetzten Leitungstyp (p oder n). Das Inselgebiet bildet mit dem ersten Halbleitergebiet einen p-n-Übergang,

dessen Verarmungszone zur Steuerung des Kanalgebiets und damit auch des Stromflusses herangezogen werden kann.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform ist innerhalb
5 des Kanalleitungsgebiets mindestens ein Kanalkompensationsgebiet angeordnet. Vorzugsweise enthält das Kanalleitungsgebiet mehrere dieser Kanalkompensationsgebiete. Das Kanalkompensationsgebiet weist insbesondere eine Dotierung mit einem zweiten gegenüber dem ersten Leitungstyp (n oder p) entgegengesetzten Leitungstyp (p oder n) auf. Die in den Kanalkompensationsgebieten vorhandene Ladung kompensiert bei anliegender
10 Sperr-Steuerspannung die im Kanalleitungsgebiet vorhandene Ladung, so dass die Dotierstoffkonzentration des ersten Ladungsträgertyps im Kanalleitungsgebiet weiter erhöht werden kann. Dank der Kompensation führt dies nicht zu einer Verschlechterung des elektrischen Verhaltens des Halbleiteraufbaus, insbesondere nicht zu einer unerwünschten Erhöhung der zur vollständigen Abschnürung des Kanalgebiets erforderlichen
15 Steuerspannung (= Abschnürspannung). Dies bietet insbesondere dann Vorteile, wenn eine kleine Abschnürspannung beispielsweise von unter 15 V gefordert ist. Ab einer Erhöhung der Dotierstoffkonzentration des ersten Leitungstyps im Kanalleitungsgebiet um mindestens den Faktor 2 verglichen mit der
20 Ausführungsform ohne Kanalkompensationsgebiete wird der durch die Kompensationsgebiete bedingte Flächenverlust aufgrund der dann erheblich gesteigerten Leitfähigkeit im Kanalleitungsgebiet zumindest wettgemacht, wenn nicht sogar überkompensiert.

Vorteilhaft ist es, wenn das mindestens eine Kanalkompensationsgebiet oder, im Fall mehrerer Kanalkompensationsgebiete, die einzelnen Kanalkompensationsgebiete jeweils eine höhere Dotierstoffkonzentration als das Kanalleitungsgebiet hat bzw.
30 haben. Der Flächenanteil des Kanalleitungsgebiets ist dann größer als der aller Kanalkompensationsgebiete. Dies ist
35 günstig, da der Strom innerhalb des Kanalleitungsgebiets geführt werden soll und deshalb auch ein möglichst großer Anteil des Kanalleitungsgebiets hierfür verfügbar sein sollte.

Gleichzeitig bleibt die beschriebene vorteilhafte kompensierende Wirkung im Sperrfall erhalten.

Bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei der die in dem Kanalleitungsgebiet insgesamt vorhandene Gesamtladung des ersten Leitungstyps in etwa gleich groß ist wie die in allen Kanalkompensationsgebieten vorhandene Gesamtladung des zweiten Leitungstyps. Dann wird eine sehr gute Kompensationswirkung erreicht.

Bei einer anderen vorteilhaften Variante ist das Kanalgebiet innerhalb einer Epitaxieschicht angeordnet. Die technologiebedingten Schwankungen der Dotierstoffkonzentration und der Dicke innerhalb der Epitaxieschicht spielen aufgrund des zusätzlich vorhandenen Kanalleitungsgebiets aus den vorstehend genannten Gründen keine Rolle. Weiterhin ist es möglich, dass das erste Halbleitergebiet eine zweite Epitaxieschicht aufweist, die insbesondere als eine im Sperrfall einen wesentlichen Teil der anliegenden Sperrspannung aufnehmende Driftzone ausgebildet ist. Die beiden Epitaxieschichten erfüllen jeweils unterschiedliche Aufgaben. Die eine dient der Stromsteuerung, die andere der Sperrspannungsaufnahme. Günstigerweise können dennoch beide Epitaxieschichten bei einer weiteren Variante eine im Wesentlichen gleiche Grunddotierung aufweisen. Dank des das Stromsteuerungsverhalten maßgeblich bestimmenden Kanalleitungsgebiets kann die Grunddotierung der Epitaxieschicht, in der das Kanalgebiet angeordnet ist, nach anderen Gesichtspunkten ausgelegt werden. Günstig ist es nämlich, wenn es an der Grenzfläche zwischen den beiden Epitaxieschichten zu keinem Dotierungssprung kommt. Der Halbleiteraufbau kann dann eine höhere Sperrspannung tragen.

Weiterhin gibt es eine Variante, bei der das erste Halbleitergebiet auf einem Substrat angeordnet ist, das den zum ersten Leitungstyp entgegengesetzten Leitungstyp aufweist. Dann sind an der Stromführung beide Ladungsträgertypen - Elektronen und Löcher - beteiligt. Aufgrund der bipolaren Modulation

stellt sich ein sehr günstiges Stromleitungsverhalten ein. Außerdem bedingt der zusätzliche p-n-Übergang zwischen dem ersten Halbleitergebiet und dem Substrat eine Eignung für eine hohe Sperrspannung.

5

Grundsätzlich lässt sich das Kanalleitungsgebiet sowohl bei einem selbstleitenden als auch bei einem selbstsperrenden Halbleiteraufbau mit Vorteil einsetzen.

- 10 Zur Lösung der das Verfahren betreffenden Aufgabe wird ein Verfahren entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 17 angegeben. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines Halbleiteraufbaus zur Steuerung eines Stroms handelt es sich um ein Verfahren, bei dem mindestens ein Halbleitersub-
- 15 strат bereitgestellt wird, eine Epitaxieschicht mit einer Grunddotierung auf das Halbleitersubstrat aufgebracht wird, wobei die Epitaxieschicht ein Kanalgebiet, innerhalb dessen der Strom beeinflussbar ist, beinhaltet, und ein zur Strom-
- 20 führung bestimmtes Kanalleitungsgebiet mit verglichen mit der Grunddotierung höherer Dotierung zumindest im Bereich des Kanalgebiets in die Epitaxieschicht implantiert wird.

- Dieses Verfahren ist insbesondere deshalb vorteilhaft, da sich mittels eines Epitaxieverfahrens üblicherweise nur eine
- 25 Grunddotierung mit einer relativ hohen Schwankungsbreite beispielsweise von etwa $\pm 15\%$, herstellen lässt. Mittels einer Ionenimplantation, die zur Herstellung des Kanalleitungsgebiets eingesetzt wird, lässt sich die Dotierung dagegen wesentlich genauer einstellen. Das Kanalleitungsgebiet, das für
- 30 die Stromsteuerung maßgeblich ist, hat dann nur eine sehr geringe Schwankung in seiner Dotierstoffkonzentration.

Vorteilhaft sind Ausgestaltungen des Verfahrens entsprechend den von Anspruch 17 abhängigen Ansprüchen.

35

Insbesondere vorteilhaft ist eine Verfahrensvariante, bei der eine weitere Epitaxieschicht auf das Halbleitersubstrat auf-

gebracht wird. Die beiden Epitaxieschichten werden vorzugsweise sukzessive und übereinander auf das Halbleitersubstrat aufgebracht. Günstig ist es außerdem, wenn die beiden Epitaxieschichten im Wesentlichen die gleiche Grunddotierung aufweisen. Die Ionenimplantation des Kanalleitungsgebiets findet nach Abschluss der epitaktischen Verfahrensschritte zum Aufbringen der beiden Epitaxieschichten statt. Dieses Verfahren ermöglicht bei hoher Ausbeute die Herstellung eines zur Stromsteuerung bestimmten Halbleiteraufbaus, der insbesondere die vorstehend genannten Vorzüge aufweist.

Bevorzugte, jedoch keinesfalls einschränkende Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nunmehr anhand der Zeichnung näher erläutert. Zur Verdeutlichung ist die Zeichnung nicht maßstäblich ausgeführt, und gewisse Merkmale sind schematisiert dargestellt. Im Einzelnen zeigen:

Figur 1 und Figur 2 einen Halbleiteraufbau mit einem innerhalb eines Kanalgebiets angeordneten hoch dotierten Kanalleitungsgebiet und

Figur 3 Dotierungsprofil des im Halbleiteraufbau von Figur 1 und 2 vorgesehenen Kanalleitungsgebiets,

Figur 4 einen weiteren Halbleiteraufbau mit Kanalleitungsgebiet und Kanalkompensationsgebieten,

Figur 5 einen Querschnitt durch das Kanalleitungsgebiet und die Kanalkompensationsgebiete des Halbleiteraufbaus von Figur 4 und

Figur 6 bis Figur 8 einen weiteren Halbleiteraufbau mit Kanalleitungsgebiet.

Einander entsprechende Teile sind in den Figuren 1 bis 8 mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Figur 1 ist ein Halbleiteraufbau 100 zur Steuerung eines Stroms I in Form eines vertikalen Sperrschicht-Feldeffekt-Transistors (JFET) dargestellt. Der in Figur 1 gezeigte Halbleiteraufbau ist lediglich eine Halbzelle. Durch Spiegelung an dem rechten Rand der Halbzelle erhält man eine komplette Zelle. Eine Mehrzellenstruktur ergibt sich entsprechend durch mehrfache Spiegelung.

Der aktive Teil, in dem die Stromsteuerung im Wesentlichen stattfindet, ist in einem n-leitenden (Elektronenleitung) ersten Halbleitergebiet 2 enthalten. Innerhalb des ersten Halbleitergebiets 2 ist ein p-leitendes (Löcherleitung) vergrabenes Inselgebiet 3 angeordnet. Das erste Halbleitergebiet 2 weist eine erste Oberfläche 20, das vergrabene Inselgebiet 3 eine zweite Oberfläche 80 auf. Beide Oberflächen 20 und 80 laufen im Wesentlichen parallel zueinander. Das erste Halbleitergebiet 2 setzt sich im Ausführungsbeispiel von Figur 1 aus einem Halbleitersubstrat 27 und zwei darauf angeordneten, epitaktisch aufgewachsenen Halbleiterschichten 261 und 262 zusammen. Die erste Oberfläche 20 gehört zur zweiten Epitaxieschicht 262 und die zweite Oberfläche 80 zur ersten Epitaxieschicht 261. Die beiden Epitaxieschichten 261 und 262 weisen im Wesentlichen eine gleiche Grunddotierung auf. Sie sind niedriger dotiert (n^-) als das Halbleitersubstrat 27 (n^+).

An der zweiten Oberfläche 80 ist ein innerhalb des Inselgebiets 3 eingebettetes n-leitendes Kontaktgebiet 5 vorgesehen. Es ist hoch dotiert (n^+). Das Inselgebiet 3 erstreckt sich in allen Richtungen parallel zur ersten Oberfläche 20 weiter als das Kontaktgebiet 5.

Als Halbleitermaterial kommt in dem Halbleiteraufbau 100 Siliciumcarbid (SiC) zum Einsatz. Es eignet sich insbesondere bei hohen Spannungen auf Grund seiner spezifischen Materialeigenschaften besonders gut. Bevorzugte Dotierstoffe sind Bor und Aluminium für eine p-Dotierung sowie Stickstoff und Phosphor für eine n-Dotierung. Die Dotierstoffkonzentration des

Kontaktgebiets 5 liegt typischerweise zwischen $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ und $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ und die der beiden Epitaxieschichten 261 und 262 typischerweise bei höchstens $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Das Zeichen „x“ wird hier als Multiplikationssymbol verwendet. Die Dotierung der
5 ersten Epitaxieschicht 261 hängt insbesondere von der im Sperrfall von dem Halbleiteraufbau 100 aufzunehmenden Sperrspannung ab. Je höher die Sperrspannung ist, desto niedriger liegt diese Dotierung. Die Epitaxieschicht 261 hat im Wesentlichen das zu sperrende elektrische Feld zu tragen. Im ge-
10 zeigten Beispiel haben beide Epitaxieschichten 261 und 262 eine Grunddotierung von etwa zwischen $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ und $7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Die Sperrspannung liegt dann mindestens bei 1200 V.

Vorzugsweise werden das vergrabene Inselgebiet 3 und das dar-
15 in eingebettete Kontaktgebiet 5 nach Aufbringen der ersten Epitaxieschicht 261 hergestellt. Dabei kann insbesondere die in der *US 6,204,135 B1* beschriebene selbstjustierende Maskierungstechnik eingesetzt werden. Das Inselgebiet 3 und das Kontaktgebiet 5 werden demgemäss mittels zweier Maskierungs-
20 schritte und einer Ionenimplantation von p- bzw. n- Dotierstoffteilchen in die zweite Oberfläche 80 erzeugt. Danach wird in einem zweiten epitaktischen Wachstumsschritt die zweite Epitaxieschicht 262 aufgebracht.

25 Innerhalb der zweiten Epitaxieschicht 262 ist ein Kontaktloch 70 vorgesehen, das sich in vertikaler Richtung bis zu der zweiten Oberfläche 80 erstreckt. Das Kontaktloch 70 legt sowohl einen Teil des vergrabenen Inselgebiets 3 als auch einen Teil des Kontaktgebiets 5 frei, so dass beide Gebiete 3 und 5
30 mittels einer ersten Elektrode 50 aus einem elektrisch leitenden Material ohmsch kontaktiert werden können. Das Kontaktgebiet 5 und das Inselgebiet 3 sind durch die erste Elektrode 50 kurz geschlossen. Als Material für die erste Elektrode 50 kommt Polysilicium oder ein Metall, vorzugsweise Ni-
35 ckel, Aluminium, Tantal, Titan oder Wolfram, in Frage. Das Kontaktloch 70 wird beispielsweise mittels eines Trockenätzprozesses hergestellt. Um Schwankungen in der Ätztiefe auszu-

gleichen, können gemäß einer nicht dargestellten Ausführungsform auch mehrere Kontaktlöcher 70, die dann jeweils einen kleineren Durchmesser aufweisen, vorgesehen sein.

- 5 Auf einer von der ersten Oberfläche 20 abgewandten Seite des ersten Halbleitergebiets 2 ist eine zweite Elektrode 60 vorgesehen. Die Zu- und Ableitung des durch den Halbleiteraufbau 100 fließenden Stroms I erfolgt mittels der beiden Elektroden 50 und 60. Auf Grund des im Wesentlichen vertikalen, d.h.
10 senkrecht zur ersten Oberfläche 20 verlaufenden Strompfades wird der Halbleiteraufbau 100 auch als vertikal bezeichnet.

- Seitlich (= lateral) neben dem Kontaktloch 70 ist eine an die erste Oberfläche 20 angrenzende erste Verarmungszone 24 angeordnet, die sich innerhalb des ersten Halbleitergebiets 2 befindet. Weiterhin ist zwischen dem ersten Halbleitergebiet 2 und dem vergrabenen Inselgebiet 3 ein p-n-Übergang vorhanden, dessen Verarmungszone hier als zweite Verarmungszone 23 bezeichnet wird. Die zweite Verarmungszone 23 umgibt das gesamte vergrabene Inselgebiet 3. Soweit sich die beiden Verarmungszonen 23 und 24 innerhalb des ersten Halbleitergebiets 2 erstrecken, sind sie in Figur 1 gestrichelt eingezeichnet. Die erste und die zweite Verarmungszone 24 bzw. 23 begrenzen in vertikaler Richtung ein laterales Kanalgebiet 22, das innerhalb des ersten Halbleitergebiets 2 liegt und Teil des Strompfads zwischen der ersten und der zweiten Elektrode 50 bzw. 60 ist. Die erste Verarmungszone 24 und das vergrabene Inselgebiet 3 sind so angeordnet, dass sich die beiden Verarmungszonen 23 und 24 in einer Projektion auf die erste Oberfläche 20 an ihren seitlichen Rändern überlappen. Das laterale Kanalgebiet 22 befindet sich gerade innerhalb dieses Überlappungsbereichs.

- In lateraler Richtung ist das laterale Kanalgebiet 22 auf der dem Kontaktloch 70 zugewandten Seite durch einen Rand 221 begrenzt. Dieser Rand 221 wird durch eine senkrecht zur ersten oder zweiten Oberfläche 20 bzw. 80 vorgenommene Projektion

des Kontaktgebiets 5 in das erste Halbleitergebiet 2 gebildet. Die als untere vertikale Begrenzung dienende zweite Verarmungszone 23 erstreckt sich nämlich ab der Stelle, an der das stark n-dotierte Kontaktgebiet 5 innerhalb des Inselgebiets 3 angeordnet ist, nicht mehr in das erste Halbleitergebiet 2. Der für eine solche Verarmungszone maßgebliche p-n-Übergang verläuft ab dieser Stelle zwischen dem n-leitenden Kontaktgebiet 5 und dem p-leitenden Inselgebiet 3. Der laterale Rand 221 wird damit durch die Lage des Kontaktgebiets 5 innerhalb des Inselgebiets 3 bestimmt. Der in Figur 1 nicht näher bezeichnete zweite laterale Rand des lateralen Kanalgebiets 22 wird dagegen durch die laterale Abmessung des Inselgebiets 3 bestimmt. Diese Geometrieparameter lassen sich durch das in der US 6,204,135 B1 beschriebene Strukturierungsverfahren sehr genau einstellen.

Die erste Verarmungszone 24 und das Kontaktgebiet 5 sind in Bezug zueinander so angeordnet, dass sie sich in einer senkrecht zur ersten oder zweiten Oberfläche 20 bzw. 80 vorgenommenen Projektion in eine gemeinsame Ebene an ihren seitlichen Rändern um 1 bis 2 μm überlappen. Durch diese letztgenannte Überlappung wird sichergestellt, dass der laterale Rand 221 bis unmittelbar an das Kontaktgebiet 5 heranreicht.

Typischerweise beträgt die Länge (= laterale Ausdehnung) des lateralen Kanalgebiets 22 bei einem aus Siliciumcarbid hergestellten Halbleiteraufbau 100 zwischen 1 μm und 5 μm . Vorzugsweise ist das laterale Kanalgebiet 22 möglichst kurz ausgebildet. Dann ergibt sich ein sehr kompakter Gesamtaufbau mit geringem Platzbedarf. Die vertikale Ausdehnung liegt im spannungs- und stromfreien Zustand typischerweise zwischen 0,5 μm und 2 μm . Die Verarmungszonen 23 und 24 sind durch eine starke Verarmung an Ladungsträgern gekennzeichnet und weisen damit einen wesentlich höheren elektrischen Widerstand auf, als das von ihnen in vertikaler Richtung begrenzte laterale Kanalgebiet 22. Die räumliche Ausdehnung der beiden Verarmungszonen 23 und 24, insbesondere die in vertikaler Rich-

tung, variiert in Abhängigkeit der herrschenden Strom- und Spannungsverhältnisse.

Das laterale Kanalgebiet 22 bestimmt damit maßgeblich das
5 (Steuerungs-)Verhalten des gesamten Halbleiteraufbaus 100.
Bei einer Ausbildung als Strombegrenzer hängt das Verhalten
bei Anliegen einer Betriebsspannung in Durchlassrichtung
(= Vorwärtsrichtung) von dem zwischen den beiden Elektroden
10 50 und 60 durch den Halbleiteraufbau 100 fließenden elektri-
schen Strom I ab. Mit steigender Stromstärke wächst auf Grund
des Bahnwiderstands der Vorwärtsspannungsabfall zwischen den
Elektroden 50 und 60. Dies führt zu einer Vergrößerung der
Verarmungszonen 23 und 24 und folglich zu einer mit einer
entsprechenden Widerstandserhöhung verbundenen Verminderung
15 der stromtragenden Querschnittsfläche im lateralen Kanalge-
biet 22. Bei Erreichen eines bestimmten kritischen Stromwerts
(= Sättigungsstrom) berühren sich die beiden Verarmungszonen
23 und 24 und schnüren das laterale Kanalgebiet 22 vollstän-
dig ab.

20

Eine derartige Kanalabschnürung kann auch erreicht werden,
indem eine Steuerspannung an den Halbleiteraufbau 100 insbe-
sondere so angelegt wird, dass die erste Verarmungszone 24 in
vertikaler Richtung vergrößert wird. Die Steuerspannung, die
25 bei verschwindender Spannung zwischen der ersten und zweiten
Elektrode 50 bzw. 60 angelegt werden muss, um eine Kanalab-
schnürung zu erreichen, nennt man auch Abschnürspannung.

Der Strompfad zwischen der ersten und der zweiten Elektrode
30 50 bzw. 60 umfasst in Vorwärtsrichtung das Kontaktgebiet 5
das laterale Kanalgebiet 22 ein im ersten Halbleitergebiet 2
angeordnetes vertikales Kanalgebiet 21 sowie eine sich danach
anschließende Driftzone, die sich aus dem verbleibenden Teil
der ersten Epitaxieschicht 261 und dem Substrat 27 zusammen-
35 setzt.

Bei Anlegen einer Betriebsspannung in Rückwärtsrichtung erfolgt der Stromfluss dagegen im Wesentlichen über eine Rückwärtsdiode 90, die durch das vergrabene Inselgebiet 3 und den darunter liegenden Teil des ersten Halbleitergebiets 2 gebildet ist.

Das für die Stromsteuerung maßgebliche laterale Kanalgebiet 22 wird in seinem Verhalten insbesondere durch die zweite Epitaxieschicht 262 bestimmt. Die Eigenschaften der zweiten Epitaxieschicht 262 beeinflussen insbesondere die Abschnürspannung, eine zur Steuerung der ersten Verarmungszone 24 angelegte Spannung, ab der es zu einem Stromfluss zwischen der Verarmungszone 24 und dem vergrabenen Inselgebiet 3 kommt (= Durchgriffspannung), den maximal zwischen den beiden Elektroden 50 und 60 fließenden Strom I (= Sättigungsstrom), den elektrischen Widerstand im Kanalgebiet 22 und auch in gewissem Umfang die maximal zulässige Sperrspannung. Die Eigenschaften der zweiten Epitaxieschicht 262 können nun aber technologiebedingte Schwankungen aufweisen. So schwankt die Dotierstoffkonzentration in der aufgewachsenen zweiten Epitaxieschicht 262. Diese Schwankungen in der Dotierung können um bis zu $\pm 15\%$ der Grunddotierung ausmachen. Noch höhere Abweichungen sind ebenfalls möglich. Außerdem kann die Dicke der Epitaxieschicht 262 über dem Querschnitt des Halbleiteraufbaus 100 Schwankungen unterworfen sein. Diese technologiebedingten Schwankungen wirken sich gegebenenfalls negativ auf das gewünschte Verhalten des lateralen Kanalgebiets 22 aus.

Um diesen Einfluss zu beheben, ist in der zweiten Epitaxieschicht 262 ein n-leitendes Kanalleitungsgebiet 225 angeordnet, das sich auch in das Kanalgebiet 22 erstreckt und das insbesondere eine höhere Dotierung als die Grunddotierung der zweiten Epitaxieschicht 262 und der übrige Teil des Kanalgebiets 22 aufweist. Dadurch hat das Kanalleitungsgebiet 225 eine deutlich höhere elektrische Leitfähigkeit als der restliche Teil des Kanalgebiets 22. Im Durchlassbetrieb wird der Strom I im Wesentlichen innerhalb des Kanalleitungsgebietes

225 geführt. Folglich bestimmt auch das Kanalleitungsgebiet 225 weitgehend das Stromsteuerungsverhalten des Halbleiteraufbaus 100.

- 5 Das Kanalleitungsgebiet 225 wird mittels Implantation von n-leitenden Dotierstoffteilchen in das zweite Epitaxiegebiet 262 gebildet. Damit lässt sich die Dotierung des Kanalleitungsgebietes 225 sehr exakt einstellen. Insbesondere ergeben sich im Gegensatz zu einer epitaktisch hergestellten Schicht
10 keine vergleichbaren Schwankungen in der Dotierung und der Dicke. Im Kanalleitungsgebiet 225 befindet sich der wesentliche Anteil, d.h. insbesondere mindestens 80 %, der innerhalb des Kanalgebiets 22 vorhandenen Gesamtdotierung an n-leitenden Ladungsträgern. Im gezeigten Beispiel wird die implantierte Dotierstoffkonzentration in dem Kanalleitungsgebiet
15 225 so gewählt, dass im gesamten Kanalgebiet 22 eine durchschnittliche Dotierstoffkonzentration von etwa $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ vorliegt. Dies entspricht einer gängigen Dotierstoffkonzentration, die bei einem nicht gezeigten Halbleiteraufbau ohne
20 Kanalleitungsgebiet 225 gleichmäßig verteilt innerhalb des Kanalgebiets 22 vorhanden ist. Während bei dieser nicht gezeigten Ausführungsform jedoch die epitaxiebedingten Schwankungen der Dotierstoffkonzentration das Verhalten des Kanalgebiets 22 wesentlich beeinflussen, haben die Schwankungen
25 der nun mit einer Grunddotierung von etwa $7 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ versehenen zweiten Epitaxieschicht 262 praktisch keinen Einfluss auf das Stromsteuerungsverhalten des Halbleiteraufbaus 100. Der Hauptteil der im Kanalgebiet 22 vorhandenen Gesamtladung befindet sich im praktisch ohne Dotierungsschwankungen hergestellten Kanalleitungsgebiet 225.
30

Ein weiterer Vorteil des Halbleiteraufbaus 100 verglichen mit der nicht gezeigten Ausführungsform ohne Kanalleitungsgebiet 225 besteht darin, dass das Kanalleitungsgebiet 225 im Sperrfall einen ansonsten möglichen Felddurchgriff in das Kanalgebiet 22 und eine damit einhergehende Verschiebung der Ab-
35

schnürspannung zumindest weitgehend oder sogar vollständig verhindert.

Aufgrund des ionenimplantierten Kanalleitungsgebiets 225 lässt sich der Halbleiteraufbau 100 reproduzierbar mit sehr hoher Ausbeute und sehr genau definierten elektrischen Eigenschaften (z.B. Abschnürspannung, Durchgriffspannung, Kanalwiderstand, Sättigungsstrom, Sperrspannung) herstellen. Bedient man sich bei der Fertigung wie üblich eines Halbleiterwafers, um gleichzeitig viele Halbleiteraufbauten 100 herstellen zu können, so wird aufgrund der eingesetzten Ionenimplantation über den kompletten Halbleiterwafer hinweg eine sehr hohe Homogenität der Dotierungen in allen Kanalleitungsgebieten 225 erreicht.

Die Verarmungszone 24, die das Kanalgebiet 22 mit beeinflusst, kann auf verschiedene Weise innerhalb des ersten Halbleitergebiets 2 hervorgerufen werden. Beispielsweise aus der WO 00/16403 A1 bekannte Ausführungsformen hierfür umfassen einen auf der ersten Oberfläche 20 angeordneten Schottky-Kontakt oder MOS(Metal Oxide Semiconductor)-Kontakt.

Weiterhin kann auch wie bei einem in Figur 2 gezeigten Halbleiteraufbau 101 ein zweites Halbleitergebiet 4 an der ersten Oberfläche 20 innerhalb des ersten Halbleitergebiets 2 angeordnet sein. Das Halbleitergebiet 4 hat den gegenüber dem ersten Leitungstyp des ersten Halbleitergebiets 2 entgegengesetzten Leitungstyp, also in dem dargestellten Ausführungsbeispiel den p-Leitungstyp. Es wird vorzugsweise durch Ionenimplantation erzeugt. Das zweite Halbleitergebiet 4 ist insbesondere stark p-dotiert (p^+). Insbesondere weist ein Volumenelement des zweiten Halbleitergebiets 4 eine Gesamtladungsmenge an aktivierten Dotierstoffen auf, die mindestens 5-fach, vorzugsweise mindestens 10-fach höher ist als in einem vergleichbaren Volumenelement des Kanalgebiets 22. Dabei umfasst das Vergleichs-Volumenelement des Kanalgebiets 22 einen Teil mit der Grunddotierung, aber auch einen Teil mit der

höheren Dotierung des Kanalleitungsgebiets 225 auf. Zwischen dem ersten Halbleitergebiet 2 und dem zweiten Halbleitergebiet 4 ist ein p-n-Übergang vorhanden, dessen Verarmungszone die in Figur 1 gezeigte Verarmungszone 24 bildet. Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit sind in dem Halbleiteraufbau 101 von Figur 2 keine Verarmungszonen eingetragen. Das zweite Halbleitergebiet 4 ist mit einer Steuerelektrode 40 ohmsch kontaktiert, so dass über eine externe Steuerspannung die Ausdehnung der Verarmungszone 24 und damit der Stromfluss im Kanalgebiet 22 und im Kanalleitungsgebiet 225 beeinflusst werden kann.

Der Halbleiteraufbau 101 ist eine aktive Anordnung, da der Stromfluss innerhalb des Halbleiteraufbaus 101 durch eine externe Maßnahme (Steuerspannung) beeinflusst werden kann. Es sind jedoch beispielsweise aus der WO 00/16403 A1 auch andere hier nicht gezeigte Ausführungsformen bekannt, die zu einer passiven Stromsteuerung führen und die grundsätzlich ebenfalls mit dem vorteilhaften Kanalleitungsgebiet 225 zur Stromführung und -steuerung kombiniert werden können.

Weiterhin ist der Halbleiteraufbau 101 von Figur 2 eine selbstleitende (= normally on) Struktur. Dies bedeutet, dass bei spannungsloser Steuerelektrode 40 das Kanalgebiet 22 und/oder das Kanalleitungsgebiet 225 offen, also nicht abgeschnürt sind. Bei einer Steuerspannung von Null kann folglich Strom fließen. Nicht dargestellt ist eine grundsätzlich ebenfalls mögliche selbstsperrende (= normally off) Ausführungsform, bei der das Kanalgebiet 22 und das Kanalleitungsgebiet 225 abgeschnürt sind, wenn an der Steuerelektrode 40 keine Steuerspannung ansteht. Die Dicke (= vertikale Abmessung) der zweiten Epitaxieschicht 262 oder des Kanalgebiets 22 ist dann so gewählt, dass die in Figur 1 dargestellten Raumladungszonen 23 und 24, die sich aufgrund der sogenannten Built-In-Potentiale ausbilden, sich gegenseitig mindestens berühren und so das Kanalgebiet 22 und das Kanalleitungsgebiet 225 komplett abschnüren (= pinch off). Um einen Stromfluss zu er-

möglichen, wäre dann bei einem dem Halbleiteraufbau 101 von Figur 2 vergleichbaren, aber selbstsperrenden Ausführungsbeispiel eine positive Steuerspannung erforderlich. Auch bei dieser selbstsperrenden Ausführungsform lässt sich das Kanalleitungsgebiet 225 im Wesentlichen mit den gleichen Vorteilen wie bei den selbstleitenden Ausführungsformen einsetzen.

In Figur 3 ist ein typisches Dotierungsprofil für ein Kanalleitungsgebiet 225 dargestellt. In dem Diagramm ist eine Dotierstoffkonzentration ND über einer auch in Figur 2 eingetragenen Tiefe T des Kanalgebietes 22 aufgetragen. Man erkennt die Grunddotierung der zweiten Epitaxieschicht 262 und auch die zusätzliche per Ionenimplantation in das Kanalleitungsgebiet 225 eingebrachte Dotierung.

Durch das Kanalleitungsgebiet 225 erhält man einen zusätzlichen Freiheitsgrad bei der Auslegung des Halbleiteraufbaus 100 oder 101. Das Stromführungsverhalten wird hauptsächlich durch die Dotierung innerhalb des Kanalleitungsgebietes 225 bestimmt, wohingegen die Grunddotierung des restlichen Kanalgebietes 22 und der zweiten Epitaxieschicht 262 diesbezüglich von untergeordneter Bedeutung ist. Damit kann die Grunddotierung nach anderen Gesichtspunkten ausgewählt werden. Insbesondere ist es günstig, wenn die Grunddotierung der zweiten Epitaxieschicht 262 gleich der im Wesentlichen durch die zu tragende Sperrspannung bestimmte Dotierung der ersten Epitaxieschicht 261 ist. Dann ergibt sich kein Dotierungssprung an der Grenzfläche 80 zwischen den beiden Epitaxieschichten 261 und 262. Ein solcher Dotierungssprung könnte andernfalls im Sperrfall zu unerwünschten Feldverzerrungen im Grenzbereich der beiden Epitaxieschichten 261 und 262 führen, wodurch sich eine Einschränkung der maximal nutzbaren Sperrfeldstärke oder der maximal erreichbaren Sperrspannung ergeben könnte.

In Figur 4 ist ein besonders günstiger Halbleiteraufbau 102 dargestellt, bei dem die hohe Konzentration an n-leitenden Ladungsträgern im Kanalleitungsgebiet 225 durch p-leitende

Kanalkompensationsgebiete 226 zumindest teilweise kompensiert werden. Um eine möglichst gute Stromleitfähigkeit im Kanalleitungsgebiet 225 zu erreichen, ist nämlich eine möglichst hohe Ladungsträgerkonzentration wünschenswert. Andererseits führt eine zu hohe Ladungsträgerkonzentration aber zu einer Erhöhung der an der Steuerelektrode 40 anzulegenden Abschnürspannung, die erforderlich ist, um das Kanalgebiet 22 vollständig abzuschnüren. Aufgrund der in das Kanalleitungsgebiet 225 eingebetteten Kanalkompensationsgebiete 226 kommt es zu keiner unerwünschten Erhöhung der Abschnürspannung, selbst wenn eine sehr hohe Dotierstoffkonzentration innerhalb des Kanalleitungsgebiets 225 vorgesehen ist. Günstigerweise ist die Gesamtladung an p-leitenden Ladungsträgern, die sich innerhalb aller Kanalkompensationsgebiete 226 befinden, in etwa gleich groß wie die Gesamtladung aller n-leitenden Ladungsträger des Kanalleitungsgebiets 225. Um dies zu erreichen, ist die Dotierstoffkonzentration in den p-leitenden Kanalkompensationsgebieten 226 höher als in dem n-leitenden Kanalleitungsgebiet 225. Der Grund hierfür liegt in der größeren Grundfläche des Kanalleitungsgebiets 225 verglichen mit der Grundfläche aller Kanalkompensationsgebiete 226.

Diese Flächenverhältnisse gehen aus der in Figur 5 gezeigten Querschnittsdarstellung des Kanalleitungsgebiet 225 und der Kanalkompensationsgebiete 226 deutlich hervor. Der Verlauf des Stroms I innerhalb des Kanalleitungsgebietes 225 ist in Figur 5 ebenfalls eingezeichnet. Die Querschnittsfläche der Kanalkompensationsgebiete 226 kann außer der dargestellten runden Geometrie auch andere Formen, beispielsweise eine Quadrat- oder eine Streifenform, annehmen.

Die vorteilhafte Wirkung des Kanalgebiets 225 kann auch bei anderen grundsätzlich möglichen Ausführungsformen des Halbleiteraufbaus beispielsweise bei einem Halbleiteraufbau 103 gemäß Figur 6 oder bei einem Halbleiteraufbau 104 gemäß Figur 7 mit Vorteil zum Einsatz kommen. Abgesehen von dem Kanalleitungsgebiet 225 ist der Halbleiteraufbau 103 aus der

WO 00/16403 A1 und der Halbleiteraufbau 104 aus der DE 198 33 214 C1 bekannt. Genau wie bei den in den vorherigen Figuren offenbarten Halbleiteraufbauten 100, 101 und 102 handelt es sich auch bei den Halbleiteraufbauten 103 und 104 jeweils um einen Sperrschicht-Feldeffekttransistor, die insbesondere in dem Halbleitermaterial SiC realisiert sind.

Neben den in den Figuren 1, 2, 4, 6 und 7 gezeigten Halbleiteraufbauten 100 bis 104 gibt es auch Ausführungsformen, bei denen anstelle des n-leitenden Substrats 27 ein p-leitendes Substrat 28 verwendet wird. In Figur 8 ist beispielhaft ein solcher Halbleiteraufbau 105 gezeigt. Es handelt sich um einen vertikalen JFET mit einem rückseitigen bipolaren Emitter (= BiFET). Das erste Halbleitergebiet 2 setzt sich dann nur aus den beiden n-leitenden Epitaxieschichten 261 und 262 zusammen und bildet mit dem p-leitenden Substrat 28 einen p-n-Übergang. Dieser zusätzliche p-n-Übergang ist insbesondere bei einem Einsatz bei einer hohen Spannung, die beispielsweise mindestens in der Größenordnung von einigen kV liegt, günstig.

Günstig ist weiterhin, dass im Durchlassbetrieb über den Kontakt 60 Löcher und über den Kontakt 50 Elektronen in den Halbleiteraufbau 105 injiziert werden. Dadurch kommt es zu einer starken Erhöhung der Ladungsträgerkonzentration. Diese bipolare Modulation der Ladungsträgerkonzentration führt zu einem besonders guten Stromleitungsverhalten.

Um zu verhindern, dass das p-leitende Inselgebiet 3 die von der Elektrode 60 aus injizierten Löcher direkt absaugt und sich infolge dessen die Konzentration der für den Stromtransport insbesondere unterhalb des Kanalleitungsgebiets 225 zur Verfügung stehenden Ladungsträger verringert, ist vorzugsweise ein stark n-leitendes Abschirmgebiet 31 zwischen dem ersten Halbleitergebiet 2 und dem Inselgebiet 3 vorgesehen. Das Abschirmgebiet 31 stellt eine wirksame Barriere gegen einen direkten Abfluss der injizierten Löcher in das Insel-

gebiet 3 dar. Dadurch bleibt unterhalb des Kanalleitungsgebiets 225 eine günstige hohe bipolare Ladungsträgerkonzentration erhalten.

- 5 Die Dotierstoffkonzentration des Abschirmgebiets 31 liegt typischerweise ein bis zwei Größenordnungen über der ersten Epitaxieschicht 261. Im gezeigten Beispiel beträgt sie etwa 10^{17} cm^{-3} . Das Abschirmgebiet 31 umgibt das Inselgebiet 3 insbesondere an den dem Substrat 28 und dem vertikalen Kanalgebiet 21 zugewandten Seiten. Diese vollständige Abschirmung ist jedoch nicht unbedingt erforderlich. Das Abschirmgebiet 31 kann auch nur bereichsweise unterhalb des Inselgebiets 3 vorgesehen sein.
- 10
- 15 Einen ähnlich positiven Abschirmeffekt wie das Abschirmgebiet 31 hat auch das Kanalleitungsgebiet 225. Es hindert die Löcher daran, in das p-leitende zweite Halbleitergebiet 4 abzufließen. Neben der verbesserten Modulation der Ladungsträgerkonzentration wird dadurch der Leckstrom über die Steuerelektrode 40 reduziert.
- 20

Die bei allen gezeigten Halbleiteraufbauten 100 bis 105 in den jeweiligen Gebieten vorgesehenen Leitungstypen können bei alternativen Ausführungsformen auch den jeweils entgegengesetzten Leitungstyp annehmen.

25

Bei jeder Ausführungsform wirkt sich das Kanalleitungsgebiet 225 günstig auf das Stromsteuerungsverhalten aus und führt insbesondere zu einem Herstellungsprozess, der weitgehend unabhängig von technologiebedingten Schwankungen ist. Damit lässt sich jeweils eine sehr hohe Ausbeute bei der Herstellung erzielen. Günstig ist außerdem, dass aufgrund der definierten Einstellung der Kanaleigenschaften das jeweilige Kanalgebiet 22 mit einer geringeren Höhe ausgebildet werden kann. Ohne Einbuße in der Sperrspannungsfestigkeit kann dann auch die Kanallänge reduziert werden. Für die Sperrspannungsfestigkeit ist auch das Verhältnis von Kanallänge zu Kanalhöhe

30

35

he maßgeblich. Dieses Verhältnis ist größer als 1, vorzugsweise 5 und größer. Die Kanallänge ist bei den jeweiligen Halbleiteraufbauten 100 bis 105 mitbestimmend für den Platzbedarf und auch für den Widerstand im Durchlassbetrieb (= R_{on}). Beide Kenngrößen sinken also mit einer dank des Kanalleitungsgebiets 225 möglichen Reduzierung von Kanalhöhe und Kanallänge. Geringerer Platzbedarf ermöglicht eine höhere Zelldichte an Halbleiteraufbauten 100 bis 105, die auf einem Halbleiter-Wafer untergebracht werden können. Auch dadurch steigt die Ausbeute.

Patentansprüche

1. Halbleiteraufbau zur Steuerung eines Stroms (I) umfassend mindestens:
 - 5 a) ein erstes Halbleitergebiet (2) eines ersten Leitungstyps,
 - b) einen zumindest teilweise innerhalb des ersten Halbleitergebiets (2) verlaufenden Strompfad und
 - c) ein Kanalgebiet (22),
 - 10 c1) das Teil des ersten Halbleitergebiets (2) ist,
 - c2) das eine Grunddotierung aufweist, und
 - c3) innerhalb dessen der Strom (I) mittels wenigstens einer Verarmungszone (23, 24) beeinflussbar ist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
 - 15 c4) das Kanalgebiet (22) ein zur Stromführung bestimmtes Kanalleitungsgebiet (225), das den ersten Leitungstyp und eine verglichen mit der Grunddotierung höhere Dotierung aufweist, umfasst.
- 20 2. Halbleiteraufbau nach Anspruch 1, bei dem der Strompfad im wesentlichen in vertikaler Richtung verläuft.
3. Halbleiteraufbau nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Kanalgebiet (22) als laterales Kanalgebiet ausgebildet ist.
- 25 4. Halbleiteraufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der als Feldeffekttransistor, insbesondere als Sperrschicht-Feldeffekttransistor ausgebildet ist.
- 30 5. Halbleiteraufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem Siliciumcarbid als Halbleitermaterial vorgesehen ist.
6. Halbleiteraufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein innerhalb des ersten Halbleitergebiets (2) zumindest teilweise vergrabenes Inselgebiet (3) eines zweiten gegenüber dem ersten Leitungstyp entgegengesetzten Leitungstyps
35 angeordnet ist.

7. Halbleiteraufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem sich die innerhalb des Kanalgebiets (22) vorhandene Gesamtentladung des ersten Leitungstyps zu mindestens 80 %, insbesondere zu mindestens 90 %, innerhalb des Kanalleitungsgebiets (225) befindet.
8. Halbleiteraufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem innerhalb des Kanalleitungsgebiets (225) mindestens ein Kanalkompensationsgebiet (226) angeordnet ist.
9. Halbleiteraufbau nach Anspruch 8, bei dem das mindestens eine Kanalkompensationsgebiet (226) einen zweiten gegenüber dem ersten Leitungstyp entgegengesetzten Leitungstyp hat.
10. Halbleiteraufbau nach Anspruch 8 oder 9, bei dem das mindestens eine Kanalkompensationsgebiet (226) eine höhere Dotierstoffkonzentration hat als das Kanalleitungsgebiet (225).
11. Halbleiteraufbau nach einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem die in das Kanalleitungsgebiet (225) eingebrachte Gesamtentladung des ersten Leitungstyps ungefähr gleich groß ist wie die in das eine Kanalkompensationsgebiet (226) oder im Fall mehrerer Kanalkompensationsgebiete (226) in alle Kanalkompensationsgebiete (226) eingebrachte Gesamtentladung des zweiten Leitungstyps.
12. Halbleiteraufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Kanalgebiet (22) in einer Epitaxieschicht (262) angeordnet ist.
13. Halbleiteraufbau nach Anspruch 12, bei dem die Dotierung der Epitaxieschicht (262) gleich der Grunddotierung ist.
14. Halbleiteraufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das erste Halbleitergebiet (2) zwei Epitaxieschichten (261, 262) mit im wesentlichen gleicher Dotierung umfasst.

27


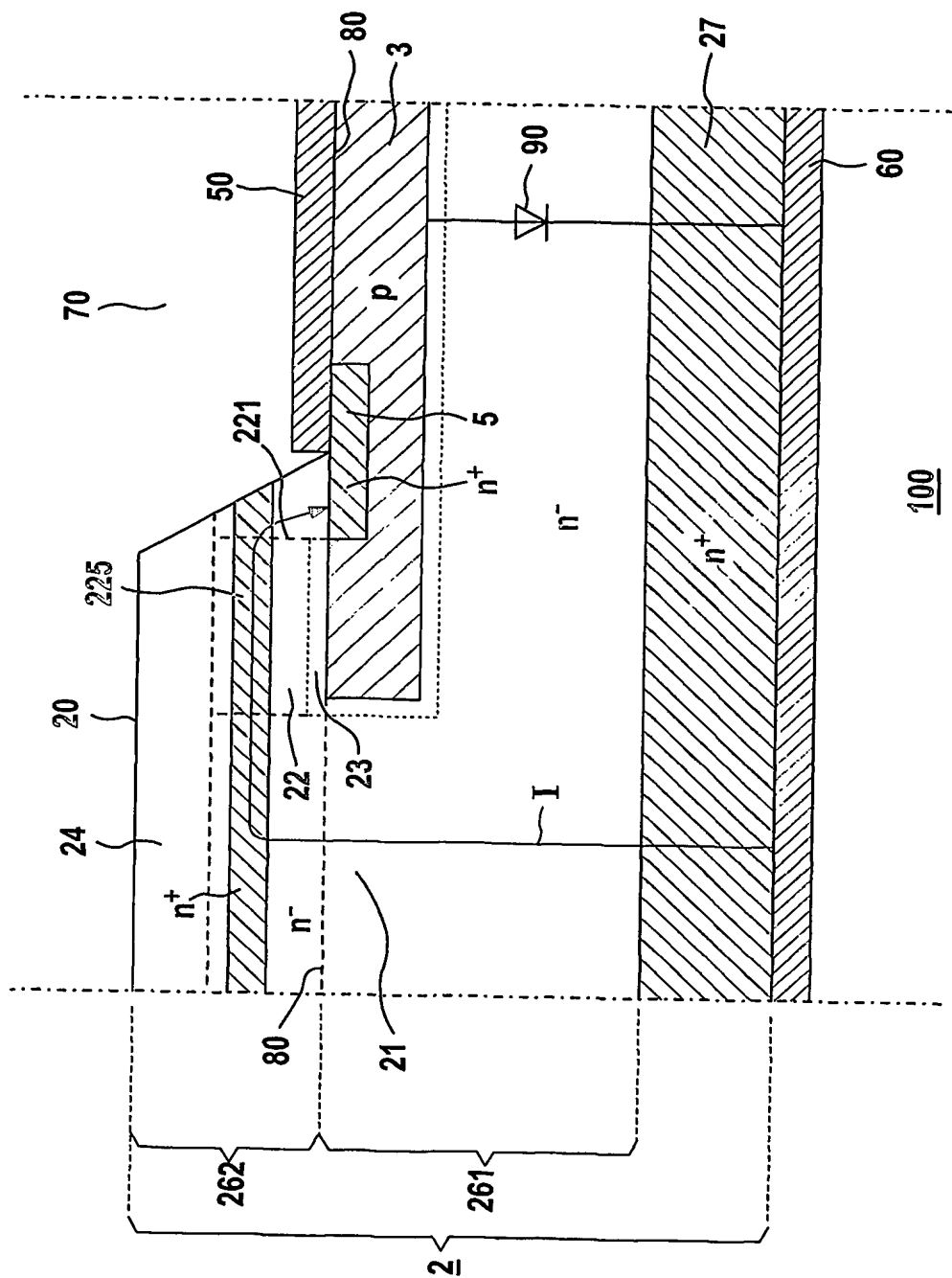
15. Halbleiteraufbau nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das erste Halbleitergebiet (2) auf einem Substrat (28) eines zweiten gegenüber dem ersten Leitungstyp entgegengesetzten Leitungstyps angeordnet ist und der Strompfad auch
5 durch das Substrat (28) verläuft.

16. Halbleiteraufbau nach Anspruch 15, bei dem ein innerhalb des ersten Halbleitergebiets (2) zumindest teilweise vergrabenes Inselgebiet (3) des zweiten Leitungstyps angeordnet ist
10 und zumindest auf einer dem Substrat (28) zugewandten Seite des Inselgebiets (3) ein Abschirmgebiet (31) des ersten Leitungstyps zwischen dem Inselgebiet (3) und dem ersten Halbleitergebiet (2) angeordnet ist.

15 17. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiteraufbaus zur Steuerung eines Stroms (I), bei dem mindestens:
a) ein Halbleitersubstrat (27) bereitgestellt wird,
b) eine Epitaxieschicht (262) mit einer Grunddotierung auf das Halbleitersubstrat (27) aufgebracht wird, wobei die
20 Epitaxieschicht (262) ein Kanalgebiet (22), innerhalb dessen der Strom (I) beeinflussbar ist, beinhaltet, und
c) ein zur Stromführung bestimmtes Kanalleitungsgebiet (225) mit verglichen mit der Grunddotierung höherer Dotierung zumindest im Bereich des Kanalgebiets (22) in die Epitaxieschicht (262) implantiert wird.
25

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem eine weitere im Wesentlichen die Grunddotierung aufweisende Epitaxieschicht (261) auf das Halbleitersubstrat (27) aufgebracht wird, wobei
30 die weitere Epitaxieschicht (261) zwischen dem Halbleitersubstrat (27) und der Epitaxieschicht (262), die das Kanalleitungsgebiet (225) beinhaltet, angeordnet ist und die beiden Epitaxieschichten (261, 262) sukzessive und übereinander auf das Halbleitersubstrat (27) aufgebracht werden.

35



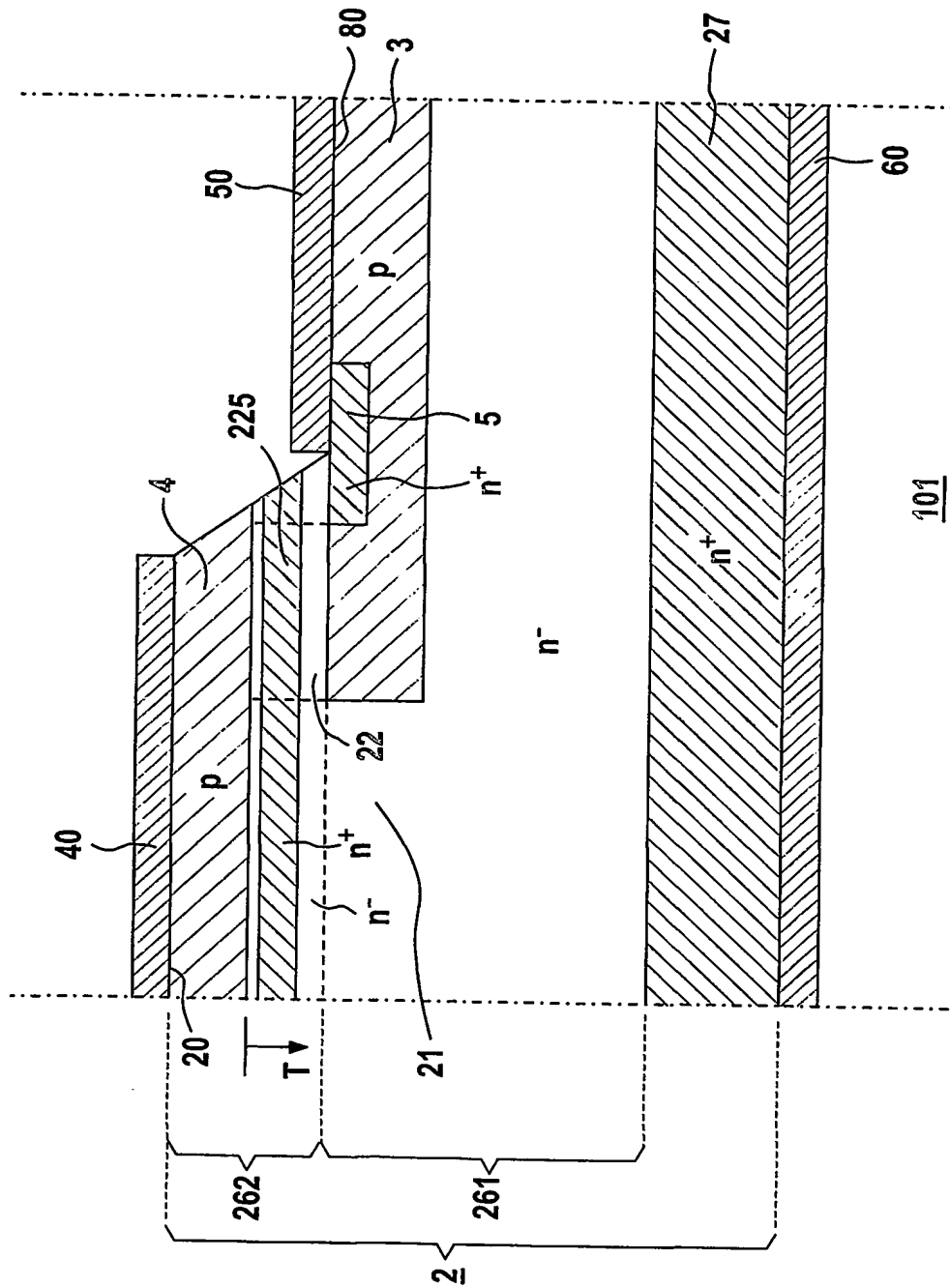


FIG 2

3/7

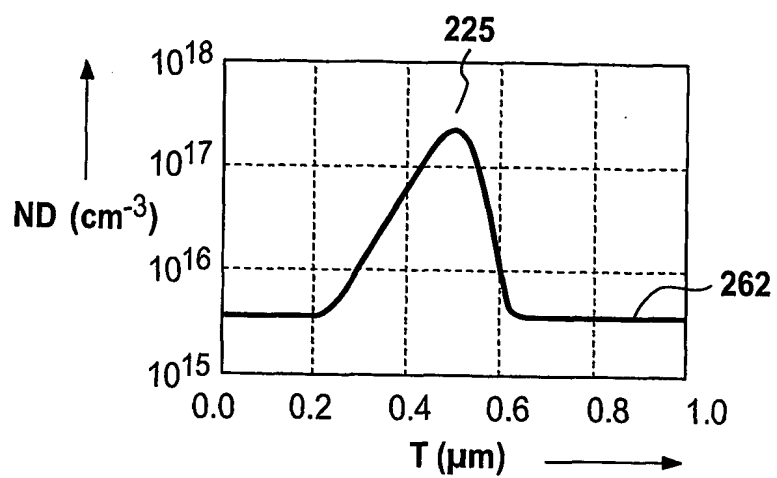


FIG 3

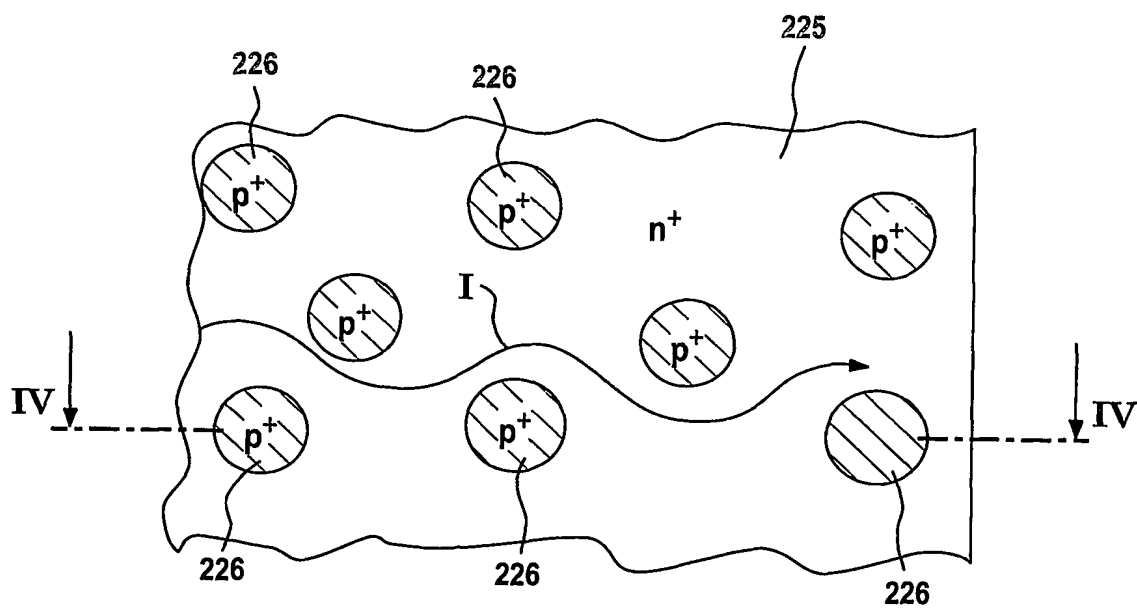


FIG 5

4/7

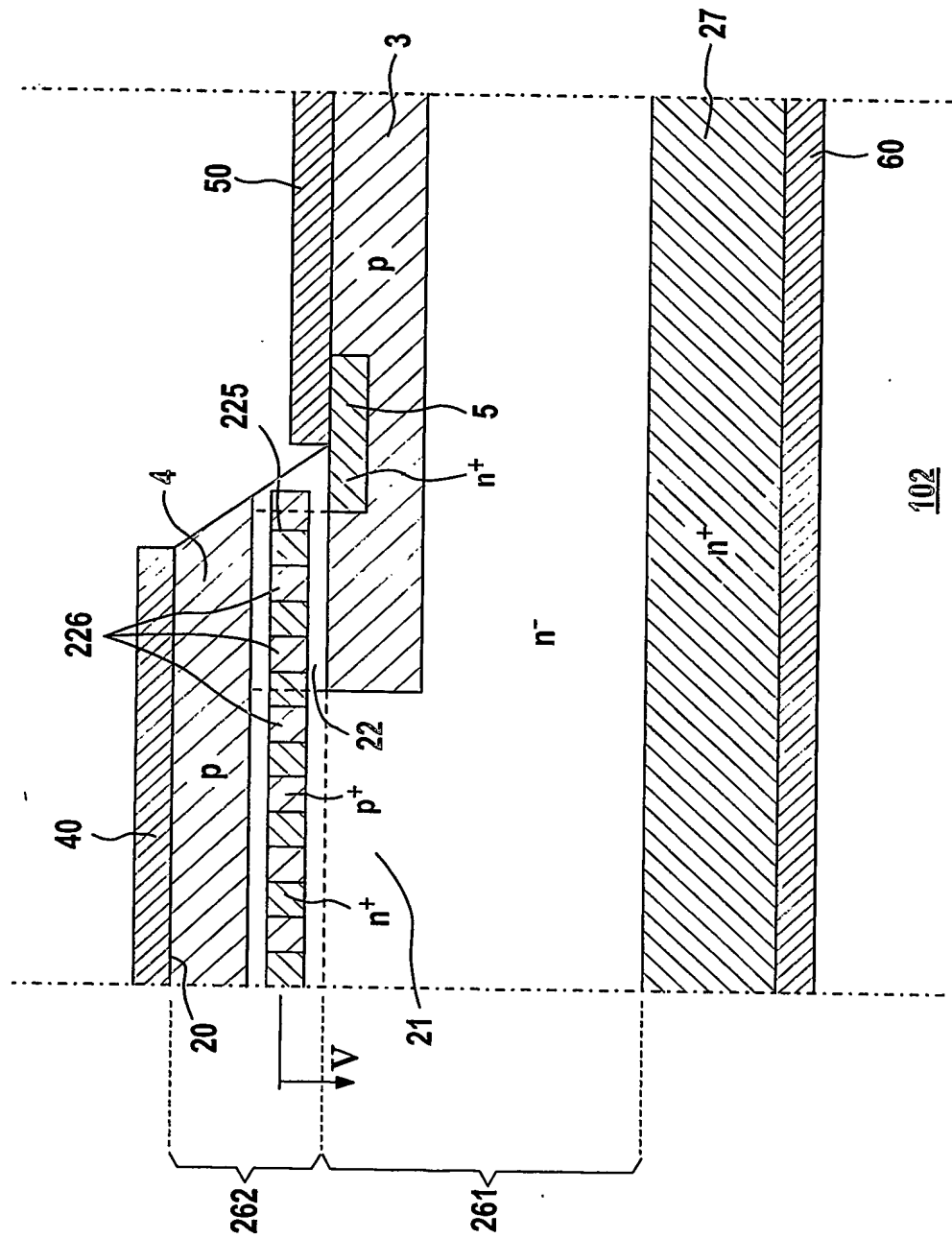


FIG 4

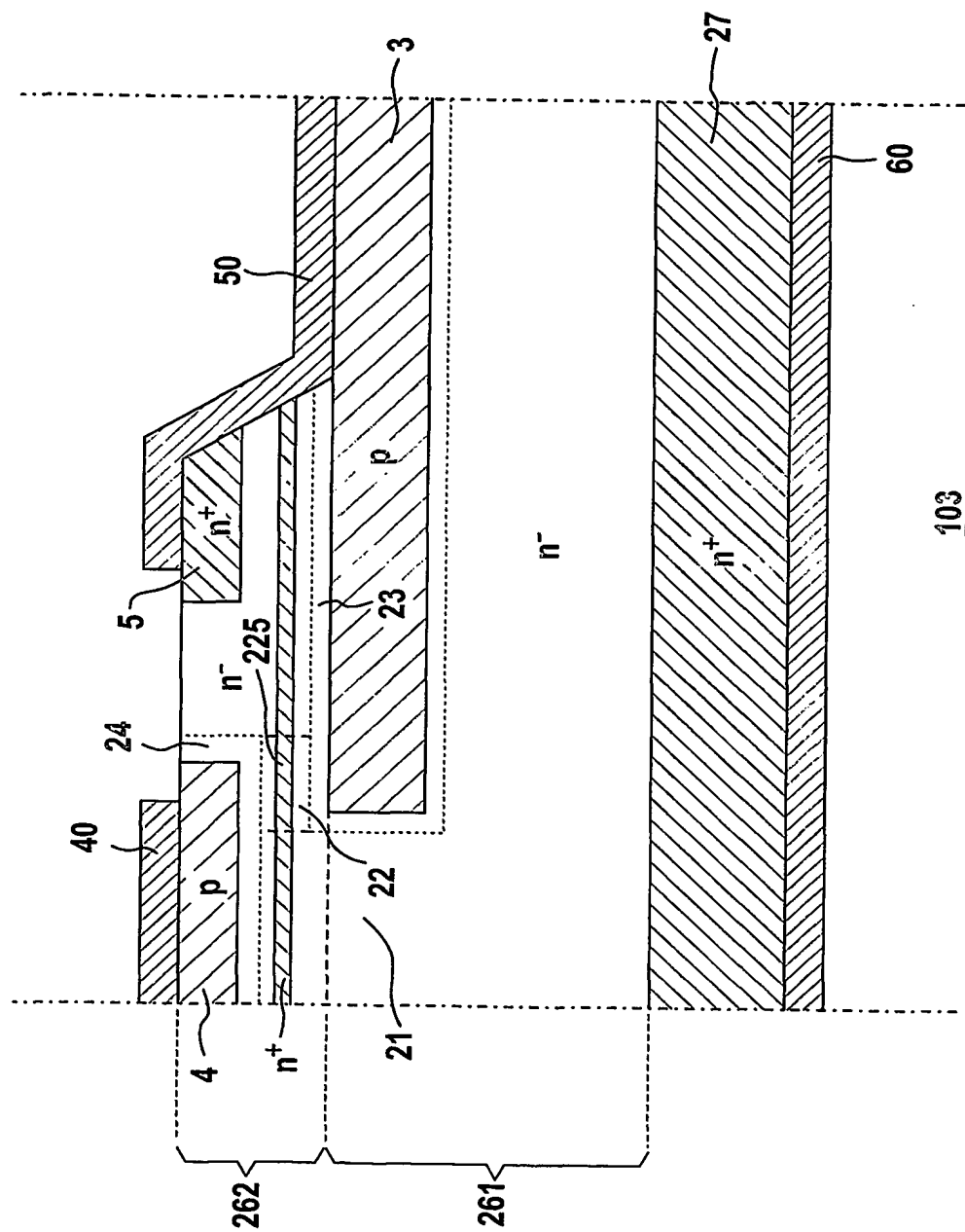


FIG 6

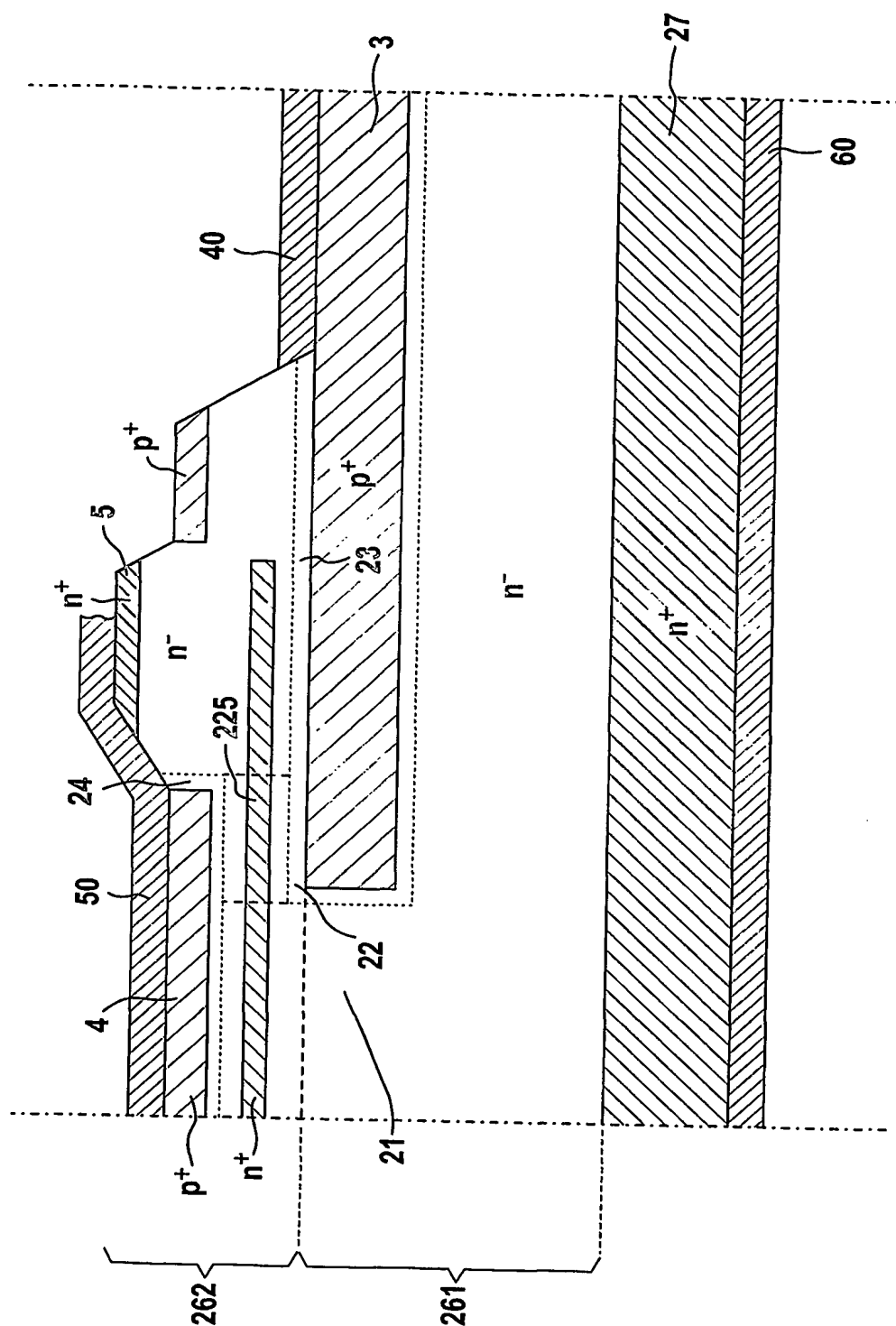
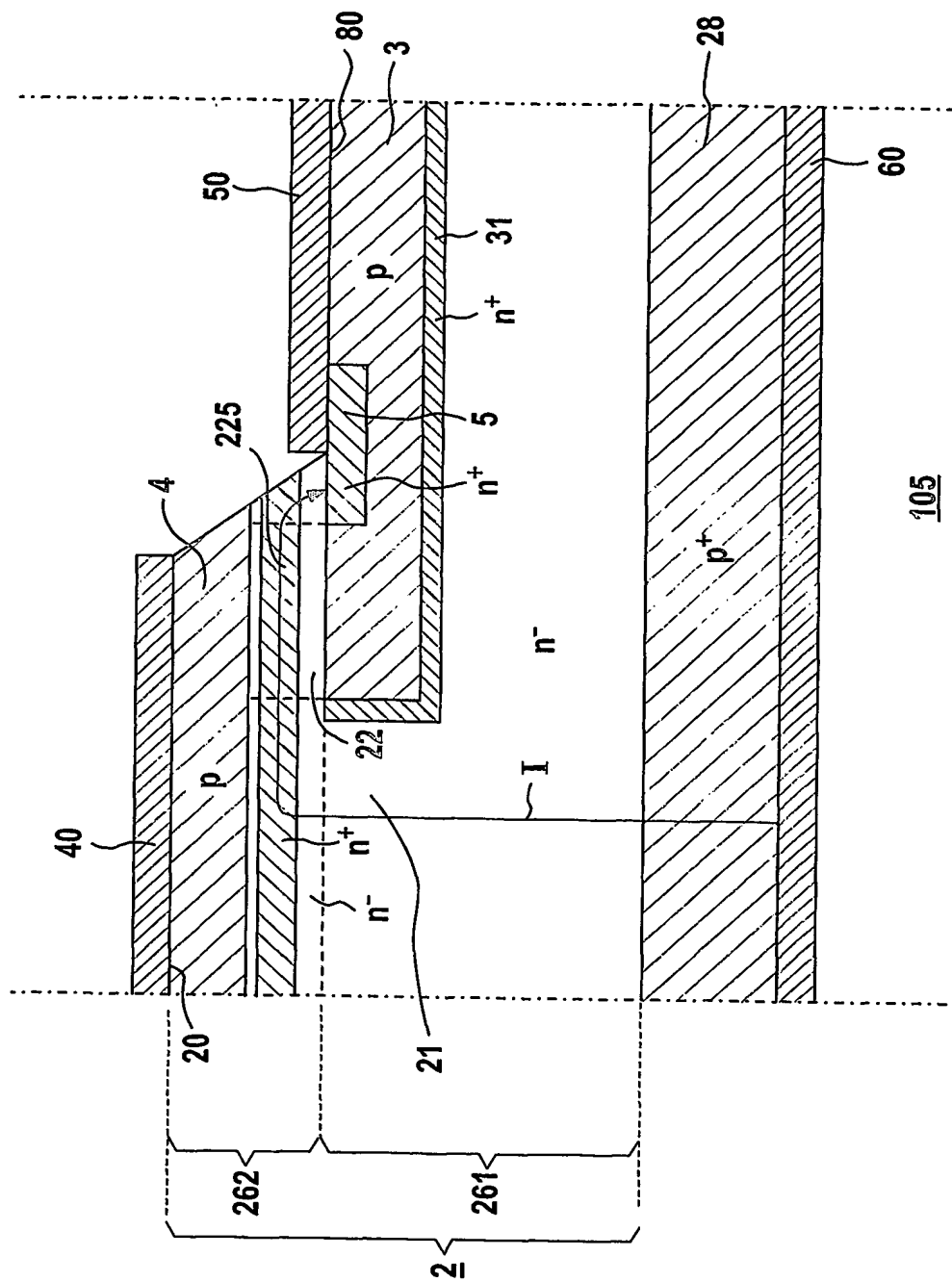


FIG 7

717



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/00906

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L29/24 H01L29/78 H01L29/808 H01L29/812 H01L29/732
H01L29/10 H01L21/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-------------------------------|
| X | DE 199 00 169 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 8 July 1999 (1999-07-08) abstract; figures 1-12 column 5, line 57 -column 9, line 50 | 1-7, 12-14, 17, 18 |
| Y | --- | 15, 16 |
| X | WO 02 29900 A (CREE INC) 11 April 2002 (2002-04-11) page 21, line 26 - line 34; figures 6, 7, 9A-J --- -/-- | 1-3, 5-7, 12-14, 17, 18 |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 November 2003

Date of mailing of the international search report

11/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lantier, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/00906

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|---------------------------------|
| X | <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 14, 22 December 1999 (1999-12-22) -& JP 11 266017 A (DENSO CORP), 28 September 1999 (1999-09-28) abstract; figures 6,8,9</p> | <p>1-3, 5-7, 12, 13, 17</p> |
| Y | <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 148 (E-030), 18 October 1980 (1980-10-18) & JP 55 099772 A (SEMICONDUCTOR RES FOUND), 30 July 1980 (1980-07-30) abstract</p> | <p>15, 16</p> |
| A | <p>DE 198 39 970 A (SIEMENS AG) 16 March 2000 (2000-03-16) column 4, line 2 - line 12; figure 5</p> | <p>8-11</p> |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/00906

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19900169 | A | 08-07-1999 | JP 3216804 B2 | 09-10-2001 |
| | | | JP 11195655 A | 21-07-1999 |
| | | | DE 19900169 A1 | 08-07-1999 |
| | | | US 6117735 A | 12-09-2000 |
| WO 0229900 | A | 11-04-2002 | US 2002172774 A1 | 21-11-2002 |
| | | | US 2002038891 A1 | 04-04-2002 |
| | | | AU 9645501 A | 15-04-2002 |
| | | | AU 9695201 A | 15-04-2002 |
| | | | CA 2421003 A1 | 11-04-2002 |
| | | | EP 1325522 A2 | 09-07-2003 |
| | | | EP 1323185 A2 | 02-07-2003 |
| | | | WO 0229900 A2 | 11-04-2002 |
| | | | WO 0229874 A2 | 11-04-2002 |
| | | | US 2002102358 A1 | 01-08-2002 |
| | | | US 2002072247 A1 | 13-06-2002 |
| | | | WO 02084727 A2 | 24-10-2002 |
| JP 11266017 | A | 28-09-1999 | DE 19809554 A1 | 10-09-1998 |
| | | | US 6573534 B1 | 03-06-2003 |
| JP 55099772 | A | 30-07-1980 | JP 1465659 C | 10-11-1988 |
| | | | JP 63009386 B | 29-02-1988 |
| | | | DE 2910566 A1 | 18-10-1979 |
| | | | US 4364072 A | 14-12-1982 |
| | | | US 4504847 A | 12-03-1985 |
| DE 19839970 | A | 16-03-2000 | DE 19839970 A1 | 16-03-2000 |
| | | | JP 2000101082 A | 07-04-2000 |
| | | | US 6274904 B1 | 14-08-2001 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/00906

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L29/24 H01L29/78 H01L29/808 H01L29/812 H01L29/732
H01L29/10 H01L21/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|-----------------------------|
| X | DE 199 00 169 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 8. Juli 1999 (1999-07-08) Zusammenfassung; Abbildungen 1-12 Spalte 5, Zeile 57 - Spalte 9, Zeile 50 | 1-7, 12-14, 17,18 |
| Y | --- | 15,16 |
| X | WO 02 29900 A (CREE INC) 11. April 2002 (2002-04-11) Seite 21, Zeile 26 - Zeile 34; Abbildungen 6,7,9A-J --- | 1-3,5-7, 12-14, 17,18 |
| | --- -/-- | |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. November 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

11/11/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lantier, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/00906

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|------------------------------|
| X | <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 14, 22. Dezember 1999 (1999-12-22) -& JP 11 266017 A (DENSO CORP), 28. September 1999 (1999-09-28) Zusammenfassung; Abbildungen 6,8,9</p> <p>---</p> | <p>1-3,5-7, 12,13,17</p> |
| Y | <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 148 (E-030), 18. Oktober 1980 (1980-10-18) & JP 55 099772 A (SEMICONDUCTOR RES FOUND), 30. Juli 1980 (1980-07-30) Zusammenfassung</p> <p>---</p> | <p>15,16</p> |
| A | <p>DE 198 39 970 A (SIEMENS AG) 16. März 2000 (2000-03-16) Spalte 4, Zeile 2 - Zeile 12; Abbildung 5</p> <p>-----</p> | <p>8-11</p> |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/00906

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 19900169 | A | 08-07-1999 | JP 3216804 B2 | 09-10-2001 |
| | | | JP 11195655 A | 21-07-1999 |
| | | | DE 19900169 A1 | 08-07-1999 |
| | | | US 6117735 A | 12-09-2000 |
| WO 0229900 | A | 11-04-2002 | US 2002172774 A1 | 21-11-2002 |
| | | | US 2002038891 A1 | 04-04-2002 |
| | | | AU 9645501 A | 15-04-2002 |
| | | | AU 9695201 A | 15-04-2002 |
| | | | CA 2421003 A1 | 11-04-2002 |
| | | | EP 1325522 A2 | 09-07-2003 |
| | | | EP 1323185 A2 | 02-07-2003 |
| | | | WO 0229900 A2 | 11-04-2002 |
| | | | WO 0229874 A2 | 11-04-2002 |
| | | | US 2002102358 A1 | 01-08-2002 |
| | | | US 2002072247 A1 | 13-06-2002 |
| | | | WO 02084727 A2 | 24-10-2002 |
| JP 11266017 | A | 28-09-1999 | DE 19809554 A1 | 10-09-1998 |
| | | | US 6573534 B1 | 03-06-2003 |
| JP 55099772 | A | 30-07-1980 | JP 1465659 C | 10-11-1988 |
| | | | JP 63009386 B | 29-02-1988 |
| | | | DE 2910566 A1 | 18-10-1979 |
| | | | US 4364072 A | 14-12-1982 |
| | | | US 4504847 A | 12-03-1985 |
| DE 19839970 | A | 16-03-2000 | DE 19839970 A1 | 16-03-2000 |
| | | | JP 2000101082 A | 07-04-2000 |
| | | | US 6274904 B1 | 14-08-2001 |